

Contribution of breeding program to the sustainability of durum wheat production

Contribution de l'Amélioration Génétique à la Durabilité de la culture de blé dur en Tunisie

Bibliographic Review

R. HAMMAMI^{1*}, M. S. GHARBI¹

¹ Laboratoire des Grandes Cultures Institut National de la Recherche Agronomique de Tunis- Université Carthage, Rue HédiKarray –2049 Ariana- Tunisie

*Corresponding author: rifkahammami82@gmail.com

Abstract – This bibliographical summary traces the contribution of genetic improvement to the sustainability of Tunisian durum wheat since the start of the cereals breeding program in 1906. Cereals are a major component in Tunisian agriculture in terms of grown area, the related socio-economic activity and it's a main source of food stuff. Breeding yielded a high number of varieties and lines, through either crossing local cultivars or native parents and foreign material. Targeted crosses significantly enriched the gene pool manipulated at the program level and resulted in genetic gain in terms of productivity, disease resistance and drought tolerance. As a result, the grain yield of the recently released varieties is three to four times that of old varieties grown in the early twentieth century before the introduction of semi-dwarf wheats. Mexican wheats due to their high genetic yield potential, their wide adaptation and their better tolerance to biotic and abiotic constraints, currently occupy more than 90% of the areas planted. Thus, the impact of genetic improvement on Tunisian cereal production and particularly that of durum wheat is undeniable. However, the country is far from achieving its self-sufficiency, for this reason, there is an urgent need for the integration of the genome analysis-based tools to accelerate breeding process.

Keywords: Durum wheat, Breeding, sustainability, yield, diseases tolerance

Résumé - Cette synthèse bibliographique retrace l'apport de l'amélioration génétique à la durabilité de la production du blé dur Tunisien depuis le démarrage du programme céréales en 1906. La culture des céréales occupe une grande importance dans l'agriculture Tunisienne. Cette importance découle de celle des superficies emblavées chaque année, de l'activité socio-économique qui s'y rapporte et de sa place dans l'alimentation humaine et animale. La recherche variétale qui date de plus d'un siècle a contribué à la sélection d'un nombre important de variétés et des lignées, soit par croisement entre des cultivars locaux soit entre des parents autochtones et du matériel étranger. Les croisements ciblés ont nettement enrichi le pool génétique manipulé au niveau du programme et ont permis de réaliser des gains génétiques appréciables en termes de productivité, de résistance aux maladies et de tolérance à la sécheresse. Le rendement en grains des variétés semi naines est trois à quatre fois celui des anciennes variétés cultivées au début du vingtième siècle et juste avant l'introduction des blés semi-nains. Ces derniers, grâce à leur potentiel génétique, leur large adaptation et leur meilleure tolérance aux contraintes biotiques et abiotiques occupent actuellement plus de 90% des superficies emblavées. Ainsi l'impact de l'amélioration génétique sur la céréaliculture Tunisienne et en particulier sur la production de blé dur est indéniable. Cependant, le pays est loin d'atteindre son autosuffisance en céréales. L'intégration des outils d'analyse du génome dans le programme de sélection devient une grande nécessité pour plus d'efficacité des programmes d'amélioration.

Mots clés : Blé dur, amélioration génétique, durabilité, rendement, tolérance aux maladies



1. Introduction

La culture des céréales constitue une priorité dans l'agriculture Tunisienne. Son importance découle de celle des superficies cultivées chaque année, de l'activité économique qui s'y rapporte et surtout de la place des céréales dans l'alimentation du citoyen Tunisien. La consommation effective, mesurée par les enquêtes auprès des ménages s'élevait en 2005 à 183 kg répartis en parts égales entre blé dur et blé tendre (Rastoin et Benabderrazik 2014). Les céréales participent à hauteur de 12% dans la structure de la production agricole et représentent 42% des importations de produits agroalimentaires (El Felan et Gharbi 2014). Selon la DGPA, la superficie totale emblavée en 2015 est de 1.19 millions d'ha. Le blé dur seul a occupé près de 540.000 ha soit 45.4% des emblavures. Malgré cette importance stratégique, les efforts de développement déployés par l'Etat et les progrès tangibles réalisés par la recherche scientifique, le bilan « production-consommation » des trois dernières décennies est déficitaire. Le degré du déficit enregistré a été souvent conditionné par les aléas climatiques de l'année et surtout par la rareté et la distribution de la pluviométrie. Cette situation de déséquilibre entre l'offre et la demande des céréales devient de plus en plus préoccupante car elle pourra mettre en jeu la sécurité alimentaire du pays. Du fait de la conjoncture du marché international des blés, le secteur céréalier a toujours constitué une priorité des plans de développement socioéconomiques du pays et de plusieurs stratégies au sein du Ministère de l'Agriculture en quête d'une meilleure couverture des besoins par la production locale et d'une moindre dépendance vis-à-vis des importations de ces denrées. Les superficies étant très peu extensibles voir même en diminution, l'unique levier reste l'amélioration des rendements par l'adoption de techniques modernes de production (mécanisation, fertilisation, irrigation...) et par la mise en culture de variétés plus productives et plus adaptées aux contraintes biotiques et abiotiques prévalant dans les zones de culture des céréales. Ces objectifs ont été partiellement atteints par la mise au point de nouvelles variétés par le programme national d'amélioration génétique du blé dur conduit à l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunis. La présente réflexion est une synthèse qui retrace l'apport de l'amélioration génétique à la durabilité des céréales en Tunisie.

2. Aperçu sur l'historique de l'amélioration génétique du blé dur en Tunisie

Il est admis que l'activité de l'amélioration génétique en Tunisie a commencé vers 1893-94 par L. Guillochon (Gharbi et El Felah 2013) et a été basée sur des évaluations agronomiques et de rendement des populations locales et de quelques introductions étrangères. L'histoire de l'amélioration génétique des céréales et notamment du blé dur a été toujours liée à la création du Service Botanique et Agronomique de Tunisie (SBAT) en 1932. Le SBAT fût l'héritier du « Service Botanique » créé en 1913 suite à la fusion de la Station Expérimentale de l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis (ECAT) et du « Jardin d'Essais de Tunis » créé en 1892 [3]. En effet, F. Bœuf, le pionnier en création variétale, a mis en place la première ébauche d'un programme d'amélioration des céréales en 1906 en appliquant les lois de la génétique et la notion des lignées pures (Gharbi et El Felah 2013). Ce programme a été initialement axé sur l'exploitation de la variabilité existante au sein des populations locales de blé dur très diversifiées, dont la sélection naturelle aurait joué un rôle fondamental dans la structure génétique de ces populations, en faveur, des génotypes les plus productifs et les plus adaptés aux contraintes du milieu. Cette activité a été planifiée en vue de mettre à la disposition des colons français, nouvellement installés en Tunisie, un matériel végétal qui valorise mieux les terres et les pratiques agronomiques nouvellement introduites. Ainsi une pléiade de variétés a été développée par sélection massale sans le recours aux croisements. Biskri Ac2, Mahmoudi AP4, Sebei 292, Hamira AC5 et Roussi étaient parmi les plus connues par les agriculteurs... Sachant que leurs appellations dérivent de celles des régions où elles ont été sélectionnées ou les noms des agriculteurs qui ont fournis les semences. Du fait des limites de la sélection massale, F. Boeuf a décidé de commencer les croisements vers 1923 afin de trouver des nouvelles sources de variabilité et d'élargir la base génétique du programme céréales (Gharbi et El Felah 2013). Les géniteurs furent d'abord des variétés locales, puis des lignées sélectionnées dans le matériel introduit de l'étranger, et avaient pour objectifs essentiels l'amélioration de la précocité, la résistance à la verse et aux maladies telles que les rouilles et l'oïdium (El Felan et Gharbi 2014).

Parallèlement, à deux lignées du blé dur, sélectionnées à partir du croisement Syndiok x Mahmoudi ont été commercialisées en 1930. Tandis que la lignée D77, issue du croisement Mahmoudi x Kokkini, a été mise en culture vers 1945 (Gharbi et El Felah 2013). La sélection dans le germplasm étranger aboutit à l'inscription de la variété Mahmoudi 552, originaire de Palestine. Cette dernière, est connue par sa large adaptation, sa rusticité et une meilleure résistance à la verse et à l'échaudage. Les efforts des sélectionneurs se poursuivaient et les années cinquante ont abouti à la sélection et l'inscription des

variétés D117, D77 et D17 qui ont été légèrement plus précoces que celles qui les ont précédées. Deux autres variétés de blé dur inscrites en 1953, Chili et Mahmoudi 981 ont été cultivées très longtemps pour leur adaptation, leur productivité et leur rendement semoulier. Malgré les progrès génétiques réalisés en termes de productivités résistances à la verse et précocité, la sensibilité aux maladies reste le défaut majeur des variétés sélectionnées d'après [4]. «on n'obtenait en blé dur que des résultats incomplets malgré les moyens mis en œuvre». Au début des années soixante deux variétés du blé dur D240 (Syndiok x Mahmoudi x LD341) et Laamari (LD341 x Mahmoudi-M'Rari) ont été retenues au catalogue officiel pour leur résistance à la rouille noire mais ces variétés n'ont pas connu beaucoup de succès chez les céréaliculteurs et elles ont été rapidement délogées par les variétés INRAT69 et Badri réunissant plusieurs caractères agronomiques désirables. Parallèlement, la révolution verte suite au succès des variétés semi-naines à échelle internationale en termes de productivité et d'adaptation a facilité l'introduction de ces dernières en Tunisie dans le cadre du «Projet Blé»: accord cadre conclu entre le Ministère de l'Agriculture d'une part, et l'Agence Américaine pour l'Aide Internationale (USAID), la Fondation Ford et Le CIMMYT, d'autre part. Ce projet visait d'atteindre l'autosuffisance en blé (Gharbi et El Felah 2013). Le projet blé avait pour mission l'introduction et la dissémination des blés semi-nains avec le paquet technologique approprié pour l'expression de leur potentiel génétique. Les résultats du «Projet Blé» convergeaient vers le remplacement progressif des variétés anciennes à paille haute par des variétés semi-naines productives et a donné le coup d'envoi de la modernisation de la céréaliculture Tunisienne (Gharbi et El Felah 2013). Les efforts de l'amélioration génétique se poursuivaient jusqu'au présent ainsi des progrès génétiques ont été réalisés en termes de rendement, résistances aux maladies et aux stress abiotiques. Ci-après un aperçu général sur le rôle de la recherche variétale dans la durabilité du système céréalier Tunisien dans un contexte de changements climatiques.

3. Impact de l'amélioration génétique sur la production du blé dur

L'impact de la recherche variétale sur l'amélioration des rendements du blé dur en Tunisie, a été sans aucun doute, un succès sans précédent (El Felah et Gharbi 2014). L'objectif primordial de toute amélioration génétique des céréales est une augmentation du rendement en grains à l'hectare. Selon (Bœuf, 1926) la sélection des lignées pures dans une population hétérogène ou issue de croisement doit s'appliquer aux formes qui présentent les caractères méritant d'être considérés comme des facteurs du rendement. Ces dernières, sont caractérisées par une paille très haute de 1.40 à 1.60 m pour les variétés Mahmoudi et Chili qui les prédisposent à la verse, pendant les années favorables, par une production relativement faible, par un cycle végétatif assez long, ce qui les expose le plus souvent à la sécheresse pendant le remplissage des grains, ainsi que par leur sensibilité à l'oïdium et à la rouille noire qui cause des pertes énormes en terme de rendement (Bœuf 1931; Maamouri et al. 1988). L'introduction des blés semi-nains vers les années 1970 a été justifiée par les performances de ces blés dans des environnements similaires au climat Tunisien et par l'augmentation de la demande sur les céréales (Gharbi et El Felah, 2013). Le gouvernement Tunisien a encouragé les agriculteurs à utiliser les variétés semi naines et à l'adoption d'un nouveau paquet technologique de production (désherbage chimique, fertilisation...) du blé valorisant mieux le potentiel génétique de ces variétés. La dissémination des variétés semi-naines à haut potentiel de rendement et l'application des nouvelles techniques de production ont nettement contribué à l'augmentation de la production du blé dur (Figure.1). Des rendements dépassant les 60 qx/ha sont couramment obtenus par les bons agriculteurs dans les zones favorables du Nord et sous irrigation d'appoint au centre du pays (Gharbi et El Felah, 2013). Une pléiade des variétés du blé dur a été sélectionnées telles que la variété Maghrebi et Amel inscrites en 1972. Ces dernières ont donné jusqu'à 20% de plus de rendement que la variété INRAT69 (Ammar et al. 2011). Ces blés malgré leur large adaptation, présentaient une sensibilité à la septoriose, à la rouille brune et à la rouille jaune ce qui a limité leur utilisation par les agriculteurs. Pour pallier au défaut de la sensibilité aux maladies, les efforts de la recherche variétale ont été focalisés sur la sélection des cultivars ayant le même niveau de production que les variétés mexicaines mais plus tolérantes aux maladies. Les variétés Karim 80, Razzak 87, Khiair 92 et Om Rabiaa 96 ces dernières qui sont venues corriger, progressivement, les défaillances des premières. Ces variétés semi naines dominent actuellement les emblavures du blé dur. Selon Ammar et al. 2011 le rendement national des blés enregistré pendant la période 2000-2010 est trois fois plus de ce qu'était avant les années soixante dix. Ceci n'aurait pas été possible sans le recours à un paquet technologique approprié (la fertilisation azotée, le désherbage chimique, le contrôle des maladies, l'utilisation des semences certifiées et l'irrigation).

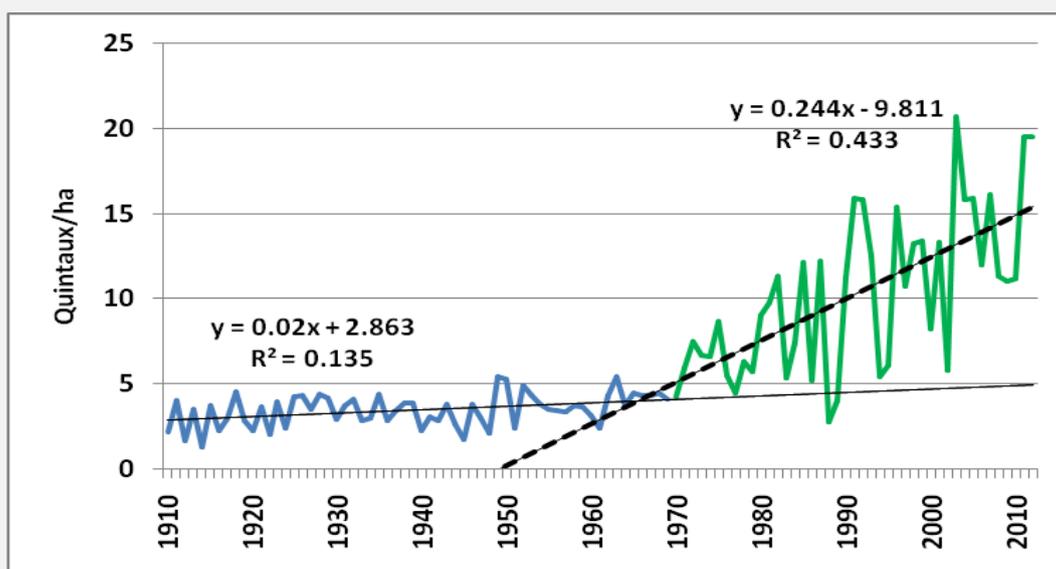


Figure 1. Evolution de la production nationale de blé dur entre 1910 et 2010 (Gharbi et El Felah 2013)

Récemment, les nouvelles variétés de blé dur, Nasr, Maâli et Salim. Ces dernières, inscrites au catalogue officiel, respectivement, en 2004, 2007 et en 2009 répondent en gros aux objectifs de la sélection sans être parfaite. Les rendements moyens de ces variétés dépassent celui de Karim de 15 à 20% (Figure2). Elles sont notamment plus résistantes à la séptoriose que Karim. La variété Salim est en plus résistante à la rouille brune et à la rouille jaune.

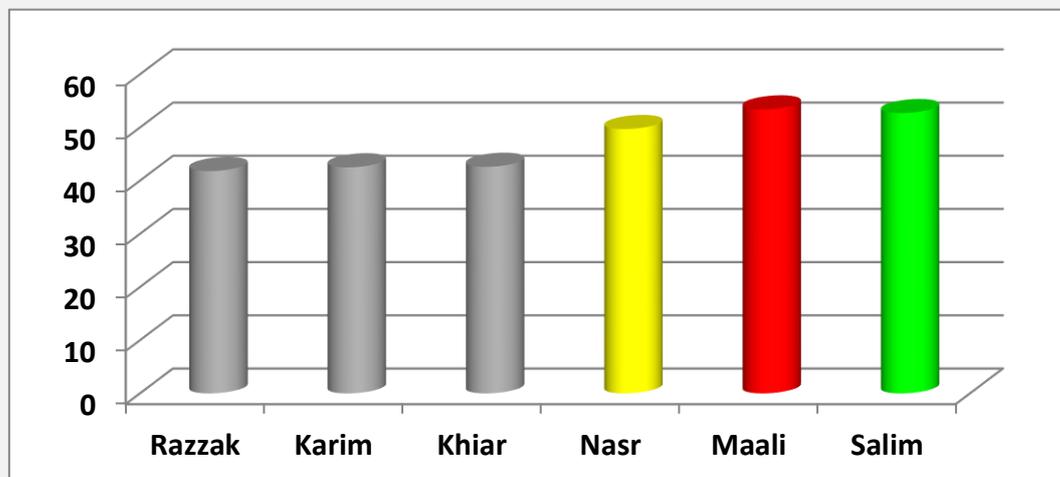


Figure2. Rendement moyen (qx/ha) des variétés de blé dur de 13compagnes agricoles (2004-2016) à la Station Oued Béja

Deux autres variétés inscrites en 2017, INRAT 100 et Dhahbi possèdent les mêmes caractéristiques que Salim et permettrons une plus grande diversification de l'offre variétale en Tunisie.

4. Impact de l'amélioration génétique sur la tolérance à la sécheresse

Le climat Tunisien est marqué par des épisodes de sécheresses accompagnées par une augmentation des températures qui peuvent apparaitre progressivement ou d'une façon brusque au début, au milieu ou à la fin du cycle de développement de la plante. L'intensité et la fréquence de ses périodes varient d'une année à l'autre. Cette irrégularité fait que le climat d'une région donnée soit très variables et par conséquent, on enregistre une fluctuation de la production des céréales au fil des années. Pour diminuer l'acuité de cette variabilité, plusieurs approches ont été suivies dont la création des variétés plus adaptés et plus tolérantes aux conditions de semi-aride.

Toutefois, l'étude des mécanismes d'adaptation à la sécheresse exige d'abord, l'identification des critères de sélection ayant un impact positif sur la productivité. En effet, la tolérance au stress hydrique du blé dur a été abordée par plusieurs équipes de recherche dans le monde. La majorité des études reconnaît la complexité de la réponse de plantes à ce type de stress qui met en jeu plusieurs mécanismes qui perturbent tout le métabolisme de la plante et parfois ils sont difficiles à quantifier. Plusieurs auteurs ont mentionné la tolérance des céréales à la sécheresse comme est une résultante de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques qui interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de la production. Cependant, la sélection pour un mécanisme donné, même bien corrélé avec le rendement, n'aboutit pas automatiquement à l'amélioration de ce dernier. Ceci a été démontré avec l'indice de récolte (Wan et al. 1991). Certains auteurs ont conclu donc, que les variétés de céréales résistantes au déficit hydrique se caractérisent par une stratégie regroupant en même temps, un ensemble des mécanismes d'adaptation (Rejeb et Ben Salem 1993).

Sur le plan de l'amélioration génétique les progrès réalisés à l'échelle internationale ont été lents et modestes et restent surtout spécifiques à l'environnement où les recherches ont été conduites (Reynolds et al. 2009). Au niveau du programme national d'amélioration du blé dur un ensemble de paramètres agro-physiologiques affectant le rendement en biomasse et en grains chez les céréales, ont été utilisés comme indicateur du degré de tolérance des variétés. En effet, les résultats obtenus au niveau de ce programme montrent que les dernières variétés inscrites et utilisées par les agriculteurs sont notamment plus productives, plus résistantes aux principales maladies et plus adaptées aux conditions de production du blé dur car une grande partie (40%) des emblavures est située dans l'étage semi-aride (gouvernorats du Kef, Siliana, Zaghuan, Sud de Béja, Manouba Ben Arous et Ariana). Leur contribution à la production nationale de blé dur est très significative et peut atteindre les 30 à 40% en année favorable. Par opposition, dans ces mêmes zones semi-arides des périodes de sécheresse plus ou moins sévères et plus ou moins longues affectent la productivité de cette espèce céréalière au cours des années où la pluviométrie est en deçà de la moyenne de ces régions. La sélection et la mise en culture de variétés plus tolérantes à la sécheresse contribuera, parallèlement à l'adoption de techniques agronomiques appropriées, à l'augmentation de la production de blé dur dans ces régions, ce qui permettra d'améliorer le revenu des agriculteurs dans ces zones, allégera la balance commerciale agricole et rapprochera la Tunisie de l'objectif de l'autosuffisance en blé dur. D'après (Maamouri et Séguela 1972), les essais d'amélioration pour la tolérance à la sécheresse chez le blé dur ont démarré depuis longtemps. Plusieurs stratégies ont été utilisées : **i** : épuration au sein des populations autochtones, **ii** : un programme de croisements réalisés entre les variétés locales ; **iii** : hybridations entre le matériel local et les variétés étrangères.

Pour cette raison la réalisation de progrès dans le sens de l'amélioration de la tolérance du blé dur à ce type de stress nécessite une continuité des travaux, l'accès au germplasm et une expérimentation de terrain dans les environnements ciblés. Le programme national d'amélioration du blé dur a réussi à mettre au point la variété Maali inscrite en 2007 qui a montré un comportement satisfaisant dans des conditions de stress hydrique.

5. Impact de l'amélioration génétique sur la Tolérance aux maladies foliaires et racinaires

Malgré leur bon potentiel de rendement, les variétés de blé dur actuellement en grandes cultures, sont sensibles particulièrement à la septoriose et à la rouille brune. Les souches de septoriose sont très virulentes en Tunisie, comparativement aux autres pays producteurs de blé dur. Le potentiel de rendement des variétés actuelles n'est exploité qu'avec le recours à des traitements chimiques par des molécules de plus en plus chères, non sans dangers pour l'environnement et pour la santé des consommateurs, et surtout, pouvant induire des mutations conduisant à des souches beaucoup plus virulentes que celles déjà existantes. D'après (Gharbi et El Felah 2013) les variétés de blé dur Nasr, Maâli et Salim, ont été inscrites respectivement en 2004, 2007 et 2009 sont plus productives (15 à 25% de plus que Karim) et notamment, plus résistantes à la septoriose à laquelle toutes les autres variétés sont sensibles. Récemment, une nouvelle série de variétés de blé dur (Dhahbi et INRAT100) combinant la double résistance à la septoriose et à l'oïdium ont été inscrites au Catalogue National des Variétés Végétales en 2017. En termes de résistance aux maladies racinaires telle que la fusarium du collet le programme d'amélioration génétique a généré des résultats probants. Malgré les efforts limités déployés à cette activité de recherche deux variétés ont été sélectionnées et disséminées Oum Rabiaa inscrite en 1996 et Maali inscrite en 2007. Ces deux dernières ont montré un comportement satisfaisant dans des

conditions favorables à l'attaque par le fusarium. Elles peuvent servir de base pour la réalisation de futurs progrès dans le même sens. Le programme d'amélioration génétique du blé dur effectuée chaque année plus d'une centaine de croisements faisant intervenir, des variétés locales, anciennes et de germplasm étranger. L'intensification de la sélection dans la descendance de ces croisements pourra déboucher sur l'identification de lignées plus performantes et plus tolérantes à la sécheresse que les variétés actuellement en usage par les agriculteurs.

6. Perspectives : mise au point de système céréalier durable

L'introduction des blés semi-nains au 20^{ème} siècle et l'adoption de leur paquet technologique (la fertilisation azotée, le désherbage chimique, le contrôle chimique des maladies, l'utilisation des semences certifiées et l'irrigation) ont nettement augmenté les rendements (El Felah et Gharbi, 2014). Les dernières obtentions variétales illustrent bien le progrès génétique réalisé par le programme national d'amélioration du blé dur en termes de productivité, résistance aux maladies et qualité technologique (Hammami et al. 2017). Cependant, du fait de la croissance démographique du pays, des changements d'habitudes alimentaires, de l'envolée des prix des fertilisants et des produits de traitement fongicide et de l'impact des changements climatiques, la production des blés n'est pas assez suffisante pour satisfaire la demande accrue du consommateur. Pour répondre au formidable défi de produire plus en quantité et qualité au sein d'un système durable, il est impératif d'intégrer de nouvelles méthodes de sélection plus prédictives et plus précises. L'utilisation des outils moléculaires pourra améliorer l'efficacité de la sélection classique. En effet, les marqueurs moléculaires grâce auxquels on mesure l'ampleur de la formidable diversité génétique tant au sein de notre pépinière de croisement qu'entre plusieurs pools génétiques, permettent d'orienter utilement les activités de la sélection conventionnelle. Ils permettent aussi de déterminer la ségrégation des caractères au niveau de la descendance ce qui nous facilite l'identification des génotypes porteurs des gènes désirables. Les marqueurs moléculaires sont très fréquemment utilisés pour l'identification et la détermination de l'empreinte génétique des variétés. Cette activité serait indispensable pour la conservation du matériel génétique local et étranger et surtout pour la protection des nouvelles obtentions. En outre, la sélection assistée par les marqueurs moléculaires accélère la méthode de sélection classique grâce à l'étiquetage génétique et simplifie la gestion et l'évaluation des pools génétiques. Avec les progrès réalisés en termes de séquençage du génome de blé, il devient possible mettre en place de nouvelles technologies de génotypage et phénotypage à haut débit et la modélisation afin d'identifier par génétique d'association de nouvelles régions responsables sur le contrôle de certains caractères cibles tels que l'efficacité d'utilisation de l'eau et de l'azote, la tolérance à la septoriose et à la fusariose et la résistance aux stress abiotiques tels que la sécheresse et les hautes températures. Dans ce cadre des nouvelles collaborations avec des institutions de grande envergure sont initiées au sein de la nouvelle initiative mondiale (Wheat Initiative : <http://www.wheatinitiative.org/>) pour promouvoir l'axe de l'étude de la qualité technologique des lignées avancées en sélection.

7. Conclusion

L'amélioration génétique est la pierre angulaire de la recherche agricole en Tunisie. Une réorganisation de ce système serait la clé du développement du secteur céréalier en Tunisie. En effet, l'efficacité de la recherche agricole varie en fonction du nombre des chercheurs et des ressources de financement disponibles. Le nombre considérablement accru de scientifiques qualifiés qui ont intégré le programme national d'amélioration du blé dur constitue le point fort de ce programme. Cependant, l'INRAT comme toute institution publique souffre des faiblesses, notamment le manque de souplesse, la vulnérabilité aux ingérences politiques, les contraintes budgétaires et le manque d'infrastructure alors ce bon nombre de scientifiques n'ont pas de crédits suffisants et sont donc moins productifs qu'ils pourraient l'être.

8. Références

- Rastoin JL and Benabderrazik H (2014)** Céréales et oléo protéagineux au Maghreb : pour un Co-développement de filières territorialisées. Paris (France), IPeMed, 134
- El Felah M, Gharbi MS (2014)** Les céréales en Tunisie: Historique, contraintes de développement et perspectives". Journée Nationale sur la valorisation des résultats de la Recherche dans le domaine des Grandes Cultures, 1-7
- Gharbi MS, El Felah M (2013)** Les Céréales en Tunisie: plus d'un siècle de recherche variétale". Annales de l'INRAT, Numéro Spécial- Centenaire de l'INRAT (1913-2013) 86 : 45-68

- Maamouri AR (1975)** Amélioration du blé dur en Tunisie”, In: 3rd Regional Wheat Workshop. Tunis, Tunisia. 75-87 : 388
- Boeuf F (1926)** Amélioration de la culture du Blé en Tunisie (Suite et fin) In: Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale, 6^e année, bulletin n°64 : 757-765
- F. Bœuf (1931)** Le blé en Tunisie : la plante, le milieu physico-chimique“, Annales du Service Botanique et Agronomique, vol. I, Tome VII: 454
- Maamouri AR, Deghaies M, El Felahet al. (1988)** Les variétés céréalières recommandées en Tunisie : INRAT, 1988 :62 (Documents techniques n°103)
- Ammar K, Gharbi MS et M. Deghais M (2011)** Wheat in Tunisia, In: The World Wheat Book. A History of Wheat Breeding 2: 443-465
- B.R Whan BR, Carlton G P, Anderson WK (1991)** Potential for increasing early vigour in spring wheat. I. Identification of genetic improvements, Aust. J. Agric. Res , 42: 347-361
- RejebMN, Ben Salem M (2009)** Les divers mécanismes d'adaptation à la sécheresse chez les végétaux supérieurs, cas du blé et du caroubier ”, Bull. Soc. Sci. Nat. Tunisie, vol.22, p. 49-52, 1993
- Reynolds M, Foulkes MJ, Slafer GA et al. (2009)** “Raising yield potential in wheat”, J. Exp Bot, 60: 1899–1918
- Maamouri AR, Séguela JM (1972)** Variétés de céréales cultivées en Tunisie”. Doc. Tech. INRAT, 59: 23, 1972
- Hammami R, B. Ayedi, B. Bargaoui et al. (2017)** Study of the Genetic Diversity of Quality Parameters of Fourteen Varieties of Durum Wheat (*Triticum durum*) grown in Tunisia Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology, 47: 2548-2563